

Technische Anforderungen für den Anschluss von geschlossenen Verteilungsnetzen (gVN)

Technical Requirements for the connection of Closed Distribution Networks

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	3
2	HINTERGRUND	3
3	SYSTEMISCHE RISIKEN	4
3.1.	Unzureichende Erfüllung systemrelevanter Anforderungen	4
3.2.	Einschränkungen bei Systemdienstleistungen (SDL)	4
4	TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN GVN	5
5	LITERATURHINWEISE	8

1 Einleitung

In diesem Anforderungspapier beschreiben die deutschen Übertragungsnetzbetreiber mit Regelzonenverantwortung (ÜNB) ergänzende Mindestanforderungen nach § 19 EnWG als Übergangslösung und langfristige Zielsetzung für den Umgang mit geschlossenen Verteilungsnetzen. (gVN). Aufgrund der raschen technologischen Entwicklungen bei Erzeugungs-, Bezugs- und Speichereinrichtungen sowie deren Kombinationen und möglicher anforderungsspezifischer Regelungs- und Nachweislücken an der Schnittstelle zwischen dem Betreiber des geschlossenen Verteilungsnetzes (gVNB) und ÜNB ist eine kurzfristige Entwicklung eines gemeinsamen fachlichen Anforderungskerns und dessen Umsetzung in ÜNB-spezifischen Technischen Anschlussbedingungen (TAB) erforderlich.

Der dargestellte Ansatz dient als Übergangsregelung bis zur Weiterentwicklung der Technischen Anschlussregeln (TAR). Der fachliche Anforderungskern wird in diesem Dokument einheitlich festgelegt. Projektspezifisch werden solche Parameter und Nachweise bestimmt, die von den konkreten Netz- und Anschlussverhältnissen abhängen.

2 Hintergrund

Die Aufnahme des Betriebs eines Energieversorgungsnetzes bedarf der Genehmigung nach § 4 Abs. 1 EnWG. Ein Energieversorgungsnetz, mit dem Energie zum Zwecke der Ermöglichung der Versorgung von Kunden in einem geografisch begrenzten Industrie- oder Gewerbegebiet oder einem Gebiet verteilt wird, in dem Leistungen gemeinsam genutzt werden, kann auf Antrag unter den Voraussetzungen des § 110 EnWG als geschlossenes Verteilungsnetz (gVN) eingestuft werden. Solche Netzstrukturen treten zunehmend im Zusammenhang mit Kombinationen aus Batteriespeichern, Elektrolyseuren, Rechenzentren und weiteren industriellen Großverbrauchern auf. Nach § 110 Abs. 3 EnWG gilt das Energieversorgungsnetz bereits ab vollständiger Antragstellung bis zur Entscheidung der Regulierungsbehörde als gVN, was mit regulatorischen Erleichterungen verbunden ist. Demnach erfolgt eine Einstufung als gVN mit Einreichung eines vollständigen Antrags, ohne dass eine technische Überprüfung stattfindet.

Ein gVN ist ein Elektrizitätsverteilungsnetz mit eigener Betreiber- und Verantwortungsstruktur. Die innerhalb des gVN angeschlossenen Erzeugungs-, Bezugs- und Speichereinrichtungen können am HöS-Netzverknüpfungspunkt gemeinsam ein Systemverhalten hervorrufen, das mit dem Verhalten großer unmittelbar angeschlossener Anlagenkombinationen vergleichbar ist. Sowohl für Anlagen innerhalb einer sog. "Mischanlage" (im Sinne einer Kombination aus Erzeugungs-, Verbrauchs- und/oder Speichereinrichtungen hinter einem gemeinsamen Netzanschlusspunkt) als auch für Anlagen derselben Technologie innerhalb eines gVN gelten grundsätzlich die technischen Anschlussregeln ihrer jeweiligen Anschlussspannung. Für das am HöS-Netz angeschlossene gVN gilt an der ÜNB-gVN-Schnittstelle die VDE-AR-N 4141-1 [1]. Mischanlagen werden durch die VDE-AR-N 4130 [2] geregelt, worin derzeit signifikante Ausnahmeregelungen enthalten sind. Beispielsweise finden darin neue Arten von Bezugsanlagen, wie Elektrolyseanlagen und Rechenzentren noch keine Berücksichtigung. Die ÜNB schließen diese Lücke durch ergänzende Mindestanforderungen über die technischen Anschlussbedingungen gem. § 19 EnWG.

Bei einem unmittelbar an das HöS-Netz angeschlossenen gVN ergibt sich die Fragestellung, ob das aus ÜNB-Sicht erforderliche Gesamtverhalten am HöS-NVP durch die geltenden technischen Regeln vollständig festgelegt und nachgewiesen wird. Für die einzelnen Anlagen innerhalb des gVN gelten grundsätzlich die TAR ihrer jeweiligen Anschlussspannung sowie gegebenenfalls die TAB des gVNB. Daraus folgt jedoch nicht automatisch, dass das erforderliche Gesamtverhalten des gVN am HöS-NVP vollständig geregelt und nachgewiesen ist. Bestimmte systemrelevante Anforderungen sind in den TAR der unterlagerten Spannungsebenen nicht für alle relevanten Anlagenarten durchgängig in einem mit der HöS vergleichbaren Umfang festgelegt. Dies betrifft insbesondere große Bezugsanlagen und neue leistungselektronisch geprägte Technologien.

Ohne geeignete Übergangsregelung besteht das Risiko, dass für große Anlagenaggregate hinter einem HöS-NVP weder alle erforderlichen Mindestanforderungen der relevanten Einzelanlagen noch das koordinierte Gesamtverhalten des gVN am HöS-NVP vollständig festgelegt und nachgewiesen werden.

Daraus können sich Inkonsistenzen in der technischen Regelwerksanwendung ergeben:

- Technisch vergleichbare Anlagenkonfigurationen können abhängig von Netzstruktur, Betreiberverhältnissen und interner Anschlussspannung unterschiedlichen technischen Regeln unterliegen, obwohl sie am HöS-NVP vergleichbare Auswirkungen aufweisen.
- Dadurch können für bestimmte Anlagenarten oder für das Gesamtverhalten am HöS-NVP Regelungs- oder Nachweislücken verbleiben.

Die unterschiedliche Regelwerkszuordnung darf nicht dazu führen, dass technisch erforderliche Eigenschaften allein aufgrund der gewählten Netz- und Betreiberstruktur nicht vollständig sichergestellt werden. Hieraus können sich abhängig von Anschlussleistung, Anlagenzusammensetzung und Betriebsweise Risiken für die Stabilität oder Zuverlässigkeit des anschließenden Übertragungsnetzes ergeben. Soweit das erforderliche Verhalten nicht sichergestellt werden kann, kann dies die technische Bewertung des Netzanschlusses beeinflussen.

3 Systemische Risiken

Die nachfolgend beschriebenen Regelungs- und Nachweislücken können abhängig von Anlagenart, Anschlussleistung und Betriebsweise Risiken für den sicheren Betrieb des jeweils anschließenden Übertragungsnetzes begründen.

3.1. Unzureichende Erfüllung systemrelevanter Anforderungen

Für Anlagen innerhalb eines gVN gelten grundsätzlich die TAR ihrer jeweiligen Anschlussspannung. Diese enthalten jedoch nicht für alle relevanten Anlagenarten einen vergleichbaren Umfang systemrelevanter technischer Mindestanforderungen. Verbleibende Regelungs- oder Nachweislücken können insbesondere folgende Eigenschaften betreffen:

- das Durchfahren von Fehlern (*engl. Fault Ride Through, FRT*),
- die Anforderungen an eine schnelle Leistungswiederkehr nach Fehlern,
- die Dyn. Netzstützung im Fehlerfall durch regelbare Bezugsanlagen,
- eine Robustheit gegenüber Frequenzgradienten (*engl. Rate of Change of Frequency, RoCoF*),
- die netzbildenden Eigenschaften von Batteriespeichern insbesondere zur regionalen Deckung der Momentanreservebedarfe.

Bei entsprechend hoher installierter bzw. ausfallwirksamer Leistung können unzureichend festgelegte dynamische Eigenschaften zu Wirk- und Blindleistungsänderungen am HöS-NVP führen, die die Sicherheit oder Zuverlässigkeit des jeweils anschließenden Übertragungsnetzes beeinträchtigen können. Mögliche Auswirkungen auf das europäische Verbundsystem sind ergänzend zu berücksichtigen.

3.2. Einschränkungen bei Systemdienstleistungen (SDL)

Fehlende technische und betriebliche Schnittstellen können die Nutzung vorhandener technischer Potenziale für Systemdienstleistungen einschränken. Dies kann insbesondere

- die Bereitstellung von Blindleistung
- und Beiträge zum Netz- und Versorgungswiederaufbau

betreffen. Zum aktuellen Zeitpunkt können die verfügbaren Potenziale eines gVN nicht effizient (z.B. fehlender Anlagenregler) durch den ÜNB abgerufen werden. Unter Berücksichtigung der Transformation des Übertragungsnetzes und der hohen Anzahl von Netzanschlussanfragen würden zusätzliche Kompensationsmaßnahmen erforderlich sein, welche nicht durch die Langfristplanung abgebildet werden können und signifikante volkswirtschaftliche Zusatzkosten erzeugen würden.

Aus diesem Grund sind - in Ergänzung zu den Anforderungen an die Anlagen innerhalb des gVN - auch an die Schnittstellen zwischen ÜNB und gVNB geeignete Anforderungen zu stellen, die eine automatisierte Bereitstellung von Systemdienstleistungen ermöglichen.

4 Technische Anforderungen an gVN

Für den Umgang mit gVN muss zunächst eine Übergangsregelung eingeführt werden, die das aus ÜNB-Sicht erforderliche Verhalten am HöS-NVP festlegt und eine adäquate Behandlung von Mischanlagen und gVN gewährleistet. Die erforderlichen Ergänzungen der aktuellen Regelwerke erfolgen in der Übergangszeit durch Veröffentlichung auf Netztransparenz.de und durch Integration in die TAB/Musterverträge der ÜNB. Mit dem Inkrafttreten der überarbeiteten VDE-AR-N 4130 wird diese Übergangsregelung obsolet, da die überarbeitete Anwendungsregel dann geeignete Regelungen für den Umgang mit Mischanlagen unabhängig von einer potenziellen entgeltregulatorischen Einstufung als gVN enthalten wird.

Zu berücksichtigen ist, dass eine Ergänzung der bestehenden technischen Vorschriften ausschließlich auf Grundlage von § 19 EnWG zulässig ist. Für den gVNB können ergänzende Anforderungen im Einzelfall somit nur mit Bezug auf die Notwendigkeit in der spezifischen Spannungsebene gestellt werden. Aus diesem Grund sind die ÜNB dazu verpflichtet, ergänzende Anforderungen und Nachweise zu den bestehenden Regelwerken zu definieren, um systemische Risiken auf das Übertragungsnetz zu verhindern. Das Vorgehen muss gemäß dem Vorgehen der **1) Übergangsregelung** durch entsprechende Ergänzungen über die TAB/Musterverträge umgesetzt werden. Einzelheiten werden unter **2) Langzeitregelung** beschrieben.

Die nachfolgend beschriebene **1) Übergangsregelung** bewegt sich innerhalb des bestehenden regulatorischen Rahmens und basiert auf spezifischen Ergänzungen der VDE-AR-N 4141-1 für gVN. Zudem sind Ergänzungen der VDE-AR-N 4130 erforderlich, um neue Arten von Kundenanlagen (z.B. Elektrolyseanlagen, Rechenzentren) unabhängig von den derzeit bestehenden Ausnahmeregelungen für Bezugsanlagen innerhalb von Mischanlagen angemessen behandeln zu können. Der Anwendungsbereich der VDE-AR-N 4130 muss gemäß der dargestellten **2) Langzeitregelung** auf gVN erweitert werden, womit die VDE-AR-N 4141-1 nicht mehr für gVN zur Anwendung kommt. Auf diese Weise werden einheitliche technische Anschlussbedingungen für Mischanlagen und gVN in der VDE-AR-N 4130 etabliert.

ANMERKUNG 1: FÜR DEN ANSCHLUSS ÖFFENTLICHER VERTEILUNGSNETZE FINDEN UNVERÄNDERT DIE ANFORDERUNGEN AUS DER VDE-AR-N 4141-1 ANWENDUNG.

1) Übergangsregelung: Ergänzungen der VDE-AR-N 4141-1 für gVN durch NAV/TAB

Die Übertragungsnetzbetreiber verfolgen für den Anschluss von gVN in der Übergangszeit einen Ansatz, bei dem die bestehenden regulatorischen Regelwerke (insb. VDE-AR-N 4141-1) beibehalten, jedoch durch zusätzliche vertragliche Anforderungen (z.B. im Netzanschlussvertrag des ÜNB) und Ergänzungen der technischen Anschlussbedingungen (TAB) gemäß § 19 EnWG ergänzt werden.

1.1) Ergänzende Anforderungen an der Schnittstelle zwischen dem ÜNB und dem gVNB

Der Anschluss eines gVN wird formal weiterhin auf Basis der VDE-AR-N 4141-1 durchgeführt. Darüber hinaus sind Schnittstellen vorzusehen, die den automatisierten Abruf von Systemdienstleistungen (z.B. Netzsicherheitsmanagement und Blindleistungsregelung) gewährleisten. Außerdem müssen ergänzende technische Anforderungen erfüllt werden, wie u.a. an

- das Netzanschlusskonzept,
- die Planung und Ausführung des Netzanschlusses,
- die Abrechnungsmesseinrichtungen,
- den Betrieb der Kundenanlage,
- den Umgang mit Änderungen, Außerbetriebnahmen und Demontagen,
- die Lieferung von Anlagenmodellen für Nachweis- und Interaktionsstudien,
- die Vorgaben zum Datenaustausch und die Prozessdatenschnittstelle,
- eine Anbindung an das Leitsystem des ÜNB via Leitsystemkopplung,

sowie spezifische betriebliche und operative Anforderungen an das gVN (u.a. Blindleistungsbereitstellung, statische Spannungshaltung, marktgestützte Beschaffung von SDL) und die Vorgaben des Übertragungsnetzbetreibers an das Nachweisverfahren und die Nachweis- und Interaktionsstudien.

1.2) Ergänzende Anforderungen an die Schnittstellen zwischen dem gVNB und seinen Kundenanlagen

Ergänzend wird der gVNB im jeweiligen Netzanschlussvertrag (NAV) verpflichtet, eine spezifische technische Anschlussbedingung für geschlossene Verteilnetze (sog. TAB-gVN) mit technologiespezifischen Anforderungen anzuwenden und diese auf sämtliche im gVN angeschlossenen Anlagen zu übertragen.

Zu diesen technologiespezifischen Anforderungen zählen u.a.

- die Sekundärtechnik,
- das Verhalten der Erzeugungsanlagen am Netz (Typ 1 und Typ 2),
- ergänzende Anforderungen an Elektrolyseanlagen und Rechenzentren
- den Betrieb der Kundenanlagen (u.a. Batteriespeichersysteme, Industrieanlagen),
- das Abfangen auf Eigenbedarf,
- die Anforderungen an Simulationsmodelle (RMS, EMT, harmonische Modelle)
- und Vorgaben für die Nachweisführung (wenn Standardzertifikate nicht anwendbar sind).

Für Mischanlagen und gVN sind die bestehenden Ausnahmeregelungen zum maximalen Wirkleistungsbezug nach Kap. 10.1 der VDE-AR-N 4130 nicht auf Elektrolyseanlagen und Rechenzentren anwendbar. In diesem Fall müssen die ergänzenden Anforderungen an Elektrolyseanlagen und Rechenzentren gemäß den TAB/Musterverträgen des Übertragungsnetzbetreibers erfüllt werden.

Die Verantwortung zur Erfüllung der Anforderungen, der Nachweisführung und ferner der Modellbildung liegen beim gVNB. Die Nachweise erfolgen technologiespezifisch auf Basis der einzelnen Anlagenkomponenten (Anlagenzertifikate der relevanten Spannungsebenen), wobei spätere Änderungen nach Inbetriebnahme innerhalb des gVN nachgehalten werden müssen.

2) Langzeitregelung: Einheitliche Anforderungen an gVN/Mischanlagen in der VDE-AR-N 4130

Die ÜNB verfolgen den Ansatz, gVN unabhängig von ihrer entgeltregulatorischen Einstufung technisch wie Mischanlagen zu behandeln. Damit unterliegen gVN und Mischanlagen bei vergleichbaren technischen Eigenschaften denselben Anforderungen der Höchstspannung, unabhängig von ihren internen Netzstrukturen oder Spannungsebenen.

Es werden die Anforderungen der VDE-AR-N 4130 und netzbetreiber- und technologiespezifische technische Anschlussbedingungen (TAB/Musterverträge) auf das gVN am Netzanschlusspunkt angewendet. Für die Ausnahmeregelungen bei Mischanlagen gemäß Kap. 10.1 der VDE-AR-N 4130 sind die Bezugsleistungen von Elektrolyseanlagen und Rechenzentren nicht berücksichtigungsfähig. Somit müssen Elektrolyseanlagen und Rechenzentren technische Mindestanforderungen gemäß den netzbetreiber- und technologiespezifischen Anschlussbedingungen (TAB/Musterverträge) erfüllen.

2.1) Ergänzende Anforderungen für Kundenanlagen innerhalb des gVN an der Schnittstelle ÜNB/gVNB

Im Allgemeinen erfolgt die Nachweisführung für die individuellen Anlagen innerhalb des gVN gegenüber dem Netzanschlusspunkt im Höchstspannungsnetz.

Für Anlagen mit einer installierten Leistung von $P_{\text{inst}} < 36 \text{ MW}$ gilt eine Bagatellgrenze. In diesem Fall ist der Anschluss entsprechend der Anwendungsregel der relevanten Spannungsebene im Netz des gVNB zu führen (z.B. VDE-AR-N 4120/10).

Die kumulierte Leistung aller Anlagen mit $P_{\text{inst}} < 36 \text{ MW}$ darf jedoch höchstens 45 MW (wobei der größere Wert von $P_{\text{AV,E}}$ und $P_{\text{AV,B}}$ heranzuziehen ist) ausmachen. Eine Vereinzelung von Anlagen mit einer installierten Leistung $P_{\text{inst}} > 36 \text{ MW}$ in kleinere Einheiten ist nicht zulässig.

Übertrifft die kumulierte Leistung aller Anlagen mit $P_{\text{inst}} < 36 \text{ MW}$ einen Wert von 45 MW, kann der betreffende Netzbetreiber abweichend von der Bagatellregelung auch für Anlagen mit $P_{\text{inst}} < 36 \text{ MW}$ Nachweise gemäß VDE-AR-N 4130 und netzbetreiber- und technologiespezifische technische Anschlussbedingungen (TAB/Musterverträge) fordern, die am NAP nachzuweisen sind.

Alternativ können, in Absprache mit dem betreffenden Netzbetreiber, individuellen Anlagen gleicher Technologie (z.B. Windenergieanlagen, PV-Anlagen, Elektrolyseanlagen, Rechenzentren) in aggregierter Form zusammengefasst werden. Auf diese Art zusammengefasste Anlagen der gleichen Technologie müssen einen gemeinsamen Nachweis gemäß VDE-AR-N 4130 (z.B. in Form eines Anlagenzertifikates A oder C) oder durch ein anlagenspezifisches Nachweisverfahren gemäß [3] am NAP des Übertragungsnetzbetreibers erbringen. In diesem Fall sind neue Netzanschlüsse der gleichen Technologie wie Änderungen an Bestandsanlagen zu behandeln.

ANMERKUNG 2: UNGENAUIGKEITEN DURCH DIE GEMEINSAME NUTZUNG DES NETZTRANSFORMATORS WERDEN HIER IN KAUF GENOMMEN.

Der Einsatz von Zusatzkomponenten (z.B. Filter, STATCOM, Chopper, Batteriespeicher) ist ausschließlich als Teil des Anlagendesigns spezifischer Kundenanlagen innerhalb des gVN zulässig. Benachbarte Kundenanlagen innerhalb des gVN bzw. der Mischanlage dürfen nicht zur gemeinsamen Erfüllung technologiespezifischer Mindestanforderungen (wie z.B. Fault-Ride-Through, schnelle Leistungswiederkehr, netzbildende Eigenschaften, kontinuierliche Spannungsstützung) herangezogen werden.

2.2) Ergänzende Anforderungen an der Schnittstelle zwischen dem ÜNB und dem gVNB

Der Verbund aller Anlagen innerhalb eines gVN muss auch in Summe das geforderte Systemverhalten sicherstellen. Am Anschlusspunkt der Mischanlage bzw. des gVN sind für relevante Kombinationen von Wirkleistungsarbeitspunkten der Technologien zusätzliche Nachweise zu führen, wie u.a.

- zu Netzurückwirkungen,
- für die Interaktionsstudien,
- der Blindleistungsregelung,
- das Netzsicherheitsmanagement und
- die Schutzeinrichtungen und Schutzeinstellungen.

Abweichungen von diesen Anforderungen für eine spezifische Anlage sind zulässig, sofern sie mit dem Netzbetreiber abgestimmt und im Hinblick auf den Netzverknüpfungspunkt (NVP) des gVN an das HöS kompensiert wird. Dazu besteht die Option, dass Zusatzkomponenten (z.B. Filter) die entsprechenden Abweichungen von Anforderungen aus Sicht des NVP kompensieren können. Sollten die entsprechenden Zusatzkomponenten außer Betrieb sein, darf die Kundenanlage folglich nicht betrieben werden.

ANMERKUNG 3: ES SIND ALLE BETRIEBLICHEN SONDERVARIANTEN ZU IDENTIFIZIEREN UND BEI DER NACHWEISFÜHRUNG ZU BERÜCKSICHTIGEN (Z. B. BETRIEB BEI WARTUNGSARBEITEN AN INDIVIDUELLEN ANLAGEN INNERHALB DES GESCHLOSSENEN VERTEILNETZES).

ANMERKUNG 4: FÜR BESTIMMTE ANFORDERUNGEN KANN EIN NACHWEIS AM NETZVERKNÜPFUNGSPUNKT DES GESCHLOSSENEN VERTEILNETZES AUSSCHLAGGEBEND SEIN (Z.B. NETZURÜCKWIRKUNGEN). IN DIESEM FALL IST EIN INDIVIDUELLES ANLAGENZERTIFIKAT OPTIONAL.

Die Verantwortung zur Erfüllung der Anforderungen, der Nachweisführung und ferner der Modellbildung gegenüber dem ÜNB liegen beim gVNB. Entsprechend müssen durch den gVNB Simulationsmodelle (u.a. RMS, EMT, harmonische Modelle) vorgelegt werden, die das elektrische Verhalten

der individuellen Einzelanlagen und auch für die Gesamtanlage in geeigneter Art und Weise repräsentieren. Die Nachweise erfolgen technologiespezifisch auf Basis der einzelnen Anlagenkomponenten, wobei spätere Änderungen nach Inbetriebnahme innerhalb des gVN entsprechend nachgehalten werden müssen.

Dieser Ansatz wird von den ÜNB als langfristig tragfähige Lösung angesehen und entspricht den laufenden Weiterentwicklungen der technischen Anschlussregeln auf Höchstspannungsebene in den zuständigen Arbeitsgruppen des VDE FNN. Die aktuellen Regelungen zu Mischanlagen und gVN sind an die heute systemisch erforderlichen Anforderungen anzupassen und insbesondere die Anforderungen an die ÜNB-gVNB-Schnittstelle und an die innerhalb des gVN angeschlossenen Anlagen konsistent aufeinander abzustimmen.

5 Literaturhinweise

[1] VDE-AR-N 4141-1: 2019-01: Technische Regeln für den Betrieb und die Planung von elektrischen Netzen – Teil 1: Schnittstelle Übertragungs- und Verteilnetze.

[2] VDE-AR-N 4130: 2018-11: Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Höchstspannungsnetz und deren Betrieb (TAR HöS).

[3] „Anlagenspezifisches Nachweisverfahren für Kundenanlagen (16.04.2026)“, Netztransparenz.de. Verfügbar unter: <https://www.netztransparenz.de/de-de/Über-uns/Studien-und-Positionspapiere/Anlagenspezifisches-Nachweisverfahren-für-Kundenanlagen-16042026>.